

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001703

International filing date: 04 February 2005 (04.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-027891  
Filing date: 04 February 2004 (04.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

09.02.2005

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   2 月   4 日  
Date of Application:

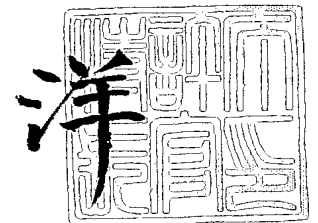
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 2 7 8 9 1  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 4 - 0 2 7 8 9 1 ]

出   願   人            住友電工スチールワイヤー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   3 月 2 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出証番号   出証特 2 0 0 5 - 3 0 2 6 0 0 6

【書類名】 特許願  
【整理番号】 103I0367  
【提出日】 平成16年 2月 4日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 C22C 38/08  
C22C 38/10

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
【氏名】 藤野 善郎

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
【氏名】 河部 望

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電工スチールワイヤー株式会社内  
【氏名】 村井 照幸

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電工スチールワイヤー株式会社内  
【氏名】 山尾 憲人

【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電工スチールワイヤー株式会社内  
【氏名】 塩飽 孝至

【特許出願人】  
【識別番号】 302061613  
【氏名又は名称】 住友電工スチールワイヤー株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100100147  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 山野 宏

【選任した代理人】  
【識別番号】 100070851  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 青木 秀實

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 056188  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0215422

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

焼入れ焼戻しを行って得られるばね用鋼線であって、  
焼戻しマルテンサイト組織を有し、  
焼入れ焼戻し後の絞り値が40%以上であり、  
焼入れ焼戻し後に420℃以上480℃以下で2時間以上の熱処理を行った後のせん断降伏応力が1000MPa以上であることを特徴とするばね用鋼線。

**【請求項 2】**

質量%で、C: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.1~0.7%、Cr: 0.70~1.50%、Co: 0.02~1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする請求項1記載のばね用鋼線。

**【請求項 3】**

質量%で、C: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.7超~1.5%、Cr: 0.70~1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする請求項1記載のばね用鋼線。

**【請求項 4】**

更に、質量%でNi: 0.1~1.0%及びCo: 0.02~1.00%の少なくとも一方を含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする請求項3記載のばね用鋼線。

**【請求項 5】**

更に、質量%でV: 0.05~0.50%、Mo: 0.05~0.50%、W: 0.05~0.15%、Nb: 0.05~0.15%、及びTi: 0.01~0.20%よりなる群から選択される1種以上を含有することを特徴とする請求項1~4のいずれかに記載のばね用鋼線。

**【請求項 6】**

焼入れ焼戻し後におけるオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径が3.0~7.0 $\mu$ mであることを特徴とする請求項1~5のいずれかに記載のばね用鋼線。

**【請求項 7】**

以下の(A)~(C)のいずれかに記載の化学成分の鋼材をパテンチングする工程と、  
前記パテンチングされた鋼材を伸線加工する工程と、  
前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具え、  
前記パテンチングは、

900~1050℃で60~180秒間加熱するオーステナイト化工程と、

前記オーステナイト化工程後に600~750℃で20~100秒間加熱する恒温変態工程とを具えることを特徴とするばね用鋼線の製造方法。

(A) 質量%でC: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.1~0.7%、Cr: 0.70~1.50%、Co: 0.02~1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(B) 質量%でC: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.7超~1.5%、Cr: 0.70~1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(C) 質量%でC: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.7超~1.5%、Cr: 0.70~1.50%と、Ni: 0.1~1.0%及びCo: 0.02~1.00%の少なくとも一方とを含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

**【請求項 8】**

請求項1~6のいずれかに記載のばね用鋼線を用いて作製したことを特徴とするばね。

【書類名】明細書

【発明の名称】ばね用鋼線

【技術分野】

【0001】

本発明は、焼入れ焼戻しを行った焼戻しマルテンサイト組織を有するばね用鋼線、このばね用鋼線の製造に適したばね用鋼線の製造方法、及びこの鋼線により製造したばねに関するものである。特に、自動車のエンジン弁ばねやトランスミッション内部などに用いられるばねに適した高強度で疲労特性に優れる高靱性のばね用鋼線に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車の低燃費化に対応して、近年、自動車のエンジンやトランスミッションなどの部品の小型軽量化が進められている。それに伴って、エンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねなどのばねに負荷される応力は年々厳しくなっており、用いられるばね材料にも一層の疲労特性の向上が求められている。これらのエンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねには、従来、シリコンクロム系のオイルテンパー線が用いられており、例えば、特許文献1〜3に記載されるものが知られている。

【0003】

【特許文献1】特許第2842579号公報

【特許文献2】特開2002-194496号公報

【特許文献3】特許第3045795号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、エンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねなどのばねに要求される特性は、近年厳しくなっており、ばね用鋼線及びばねに対して更なる改善が求められている。特に、疲労特性と靱性とをよりバランスよく具えることが望まれている。

【0005】

近年、疲労強度(疲労限)向上の要望に伴い、ばね加工後に高温(具体的には420〜480℃程度)の熱処理(窒化处理)が行われている。特許文献1に記載の技術では、C(炭素)の含有量を0.3-0.5重量%とすることで靱性の向上を図っているが、0.50重量%未満といった低C量にすることで耐熱性が低下するため、上記高温の窒化处理を行うと疲労強度が低下して、ばねとして使用した際、内部折損の原因となる。

【0006】

特許文献2に記載の技術では、焼入れ後のオーステナイトの平均結晶粒径を1.0〜7.0 $\mu\text{m}$ といった微細化組織とすることで疲労強度の向上を図っている。しかし、オーステナイト結晶粒径をより小さくするために焼入れ時の温度を低温にすると、未固溶炭化物が残存して、靱性を低下させる要因となる。また、靱性が低下することで、ばね加工時に折損が生じ易くなり、量産性に悪影響を及ぼす。

【0007】

特許文献3に記載の技術では、オイルテンパー時に意図的に表面を脱炭させることで表面硬度を低下させてばね加工性の向上を図るものであるが、均一な脱炭層を得ることは困難であり、量産に不適當である。また、加熱時に酸素濃度を制御しなければならず、コストの上昇を伴う。

【0008】

更に、いずれの文献に記載の技術も、ばね加工後に施される窒化处理後において材料内部のねじり方向の耐力、即ち、せん断降伏応力について検討されていない。

【0009】

そこで、本発明の主目的は、疲労強度と靱性との双方に優れる高強度のばね用鋼線を提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記ばね用鋼線により作製されたばね、及び上記ばね用鋼線の製造に適した製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明は、焼入れ焼戻し後の絞り値と、焼入れ焼戻し後に施す窒化処理相当の熱処理後のせん断降伏応力とを規定することで上記の目的を達成する。

## 【0011】

即ち、本発明は、焼入れ焼戻しを行って得られるばね用鋼線である。このばね用鋼線は、焼戻しマルテンサイト組織を有し、焼入れ焼戻し後の絞り値が40%以上、焼入れ焼戻し後に420℃以上480℃以下で2時間以上の熱処理を行った後のせん断降伏応力が1000MPa以上であることを特徴とする。

## 【0012】

上記ばね用鋼線は、特に以下の1~4のいずれかの元素を含有し、残部がFe及び不純物であることがより好ましい。

1. 質量%でC:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.1~0.7%、Cr:0.70~1.50%、Co:0.02~1.00%
2. 質量%で、C:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.7超~1.5%、Cr:0.70~1.50%
3. 質量%でC:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.7超~1.5%、Cr:0.70~1.50%と、Ni:0.1~1.0%及びCo:0.02~1.00%の少なくとも一方
4. 上記1~3のいずれかの元素と、質量%でV:0.05~0.50%、Mo:0.05~0.50%、W:0.05~0.15%、Nb:0.05~0.15%、及びTi:0.01~0.20%よりなる群から選択される1種以上

## 【0013】

また、上記本発明ばね用鋼線の製造に適した製造方法として、以下を提案する。即ち、本発明ばね用鋼線の製造方法は、以下の(A)~(C)のいずれかに記載の化学成分の鋼材をパテンチングする工程と、前記パテンチングされた鋼材を伸線加工する工程と、前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具える。上記パテンチングは、900~1050℃で60~180秒間加熱するオーステナイト化工程と、前記オーステナイト化工程後に600~750℃で20~100秒間加熱する恒温変態工程とを具えるものとする。

(A) 質量%でC:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.1~0.7%、Cr:0.70~1.50%、Co:0.02~1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(B) 質量%でC:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.7超~1.5%、Cr:0.70~1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(C) 質量%でC:0.50~0.75%、Si:1.80~2.70%、Mn:0.7超~1.5%、Cr:0.70~1.50%と、Ni:0.1~1.0%及びCo:0.02~1.00%の少なくとも一方とを含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

上記(A)~(C)の化学成分に加えて、更に、質量%でV:0.05~0.50%、Mo:0.05~0.50%、W:0.05~0.15%、Nb:0.05~0.15%、及びTi:0.01~0.20%よりなる群から選択される1種以上の元素を含んでいてもよい。

## 【0014】

以下、本発明をより詳しく説明する。

(疲労特性の向上)

疲労特性を向上するためには、疲労破壊を抑制することが望まれる。ばねを繰り返し使用する場合、このばねには、引張方向及び圧縮方向と同時にせん断方向に繰り返し応力を受ける。このように外的に加えられる繰り返し応力によって局所的、或いは集中的に繰り返しすべり変形(塑性変形)を生じ、ばねの表面近傍に凹凸を生じて亀裂が発生して破壊に至る、即ち、疲労破壊となる。従って、疲労破壊を抑制するには、上記局所的、或いは集中的な塑性変形を抑制することが効果的である。このような塑性変形を抑制するべく、従来、ばね加工後に窒化処理などの熱処理を行って表面硬度を高めて、疲労限を向上させることが行われている。しかし、ばねが高応力で使用されるようになってきた昨今、単に疲労限を高くしただけでは、へたって使用できないことがある。これは、上記窒化処理など

の熱処理により、ばね表層に形成された高硬度の窒化層がへたらなくても、ばね内部の強度が低下してへたってしまうためと考えられる。そのため、高強度のばねには、疲労限だけでなく、ねじり耐力、即ち、せん断降伏応力そのものを向上させることが望まれる。そこで、本発明者らが種々検討したところ、上記窒化処理などの熱処理後において、材料内部が適切なねじり耐力があればよいことがわかった。具体的には、上記窒化処理などの熱処理後のせん断降伏応力を1000MPa以上とすれば、疲労特性を向上できることがわかった。この知見に基づき、本発明は、焼入れ焼戻し後に特定の熱処理を行った後のせん断降伏応力を1000MPa以上に規定する。

#### 【0015】

(高靱性)

いかに高強度であっても靱性が低いとばね加工時に折損を引き起こして、量産性を阻害することになる。また、靱性の低下により、疲労特性も低下してしまう。そこで、本発明者らが種々検討したところ、焼入れ焼戻し後の絞り値を40%以上とすることが折損の防止に効果的であり、量産性に優れるとの知見を得た。この知見に基づき、本発明は、焼入れ焼戻し後の絞り値を40%以上に規定する。絞り値が40%未満では、ばね加工時に折損を生じ易く、量産性に支障をきたす恐れがある。なお、絞り値は、焼入れ焼戻し後に上記窒化処理相当の特定の熱処理を施すことで、若干低下することもあるが、焼入れ焼戻し後の絞り値が40%以上であれば、同熱処理後に35%以上を維持することができ、高い疲労特性が得られる。

#### 【0016】

このように本発明は、焼入れ焼戻し後の絞り値、及び窒化処理相当の熱処理後のせん断降伏応力を規定することで、高疲労強度と高靱性との両立を図る。

#### 【0017】

上記疲労特性と靱性との双方に優れる本発明ばね用鋼線を得るべく、最適な化学成分及び製造条件、特にパテント条件を規定する。

<化学成分>

まず、ばね加工後に施す窒化処理などの熱処理により、表面硬度を向上させることでばねの疲労限を向上させることができる反面、内部硬度が低下することで、ばねの使用時に内部折損が生じることがある。そこで、本発明では、母相の耐熱性を向上するべく、C、Siを所定の範囲含むものとする。また、焼戻し時に炭化物を形成して軟化抵抗を高めるためにCrを所定量含む。軟化抵抗の増大には、更にMo、V、Nb、W、Tiを所定量添加することも効果的である。そして、せん断降伏応力の向上には、Co:0.02~1.00質量%を含有する、またはMnを多めに含有する(0.7超~1.5質量%)ことが有効であることを見出した。そこで、Mn、Coの含有量を規定する。詳しい成分範囲及び範囲の限定理由は、後述する。

#### 【0018】

<製造条件>

本発明ばね用鋼線は、上記化学成分を有する鋼材を溶製→熱間鍛造→熱間圧延→パテント→伸線→焼入れ焼戻しすることで得られる。

#### 【0019】

(パテント条件)

本発明では、伸線加工前において特定条件のパテントを行うことで、十分なオーステナイト化により未固溶炭化物を溶解させると共に、適切な恒温変態により均一的なパーライト組織を得る。オーステナイト化が不十分であると、焼入れ焼戻し後の靱性やせん断降伏応力を低下させる要因となる。そこで、オーステナイト化は、900~1050℃の温度で60~180秒間加熱することが適する。加熱温度が900℃未満の場合、または加熱温度が900~1050℃で加熱時間が60秒未満の場合、十分なオーステナイト化ができず、未固溶炭化物が残存してしまう。また、加熱温度が1050℃より高い場合、または加熱温度が900~1050℃で加熱時間が180秒より長い場合は、オーステナイト粒が粗大化してしまい、変態時にマルテンサイトが生成されやすくなり、伸線性を阻害してしまう。

#### 【0020】

オーステナイト化後の恒温変態は、600～750℃で20～100秒間加熱することが適する。加熱温度が750℃より高い場合、または加熱温度が600～750℃で加熱時間が100秒より長い場合は、セメンタイトが球状化して、伸線性を阻害する要因となる。一方、加熱温度が600℃より低い場合、または加熱温度が600～750℃で加熱時間が20秒より短い場合、パーライトへの変態が完了せず、マルテンサイトが生成されることで、伸線性を阻害してしまう要因となる。

#### 【0021】

(焼入れ、焼戻し)

焼入れ時の温度が低過ぎると、未固溶炭化物が残存して靱性を低下させる。また、焼入れ時の温度が高すぎると、オーステナイト結晶粒が成長して大型化することで、疲労限を低下させる。従って、焼入れ時の温度は、850℃超1050℃未満とすることが好ましい。

#### 【0022】

<組織>

本発明ばね用鋼線は、焼戻しマルテンサイト組織を有するものとする。また、焼入れ焼戻し後のオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)を微細化する場合、繰り返し応力が増えられても、局所的、集中的にすべり変形が生じにくくなる。即ち、せん断降伏応力を向上させることができるため、結果として疲労特性の向上に寄与させることができる。

#### 【0023】

具体的には、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径を3.0～7.0 $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。平均結晶粒径は、パテンチングの温度を変化させることで変化させることができる。より詳しくは、パテンチングにおいてオーステナイト化の温度を低くすると、結晶粒径は小さくなり、同温度を高くすると結晶粒径は大きくなる傾向にある。平均結晶粒径が3.0 $\mu\text{m}$ 未満では、オーステナイト化の温度が低いため、未固溶炭化物が残存して靱性が低下し易い。また、平均結晶粒径が7.0 $\mu\text{m}$ 超では、疲労限が向上しにくい。なお、平均結晶粒径は、焼入れ焼戻し後の値とする。

#### 【0024】

以下、本発明における構成元素の選定及び成分範囲を限定する理由を述べる。なお、元素の隣に記載される数値の単位は、質量%である。

#### 【0025】

C: 0.50～0.75

Cは鋼の強度を決定する重要な元素であり、0.50%未満では十分な強度が得られず、0.75%を超えると靱性を損なうため、0.50質量%以上0.75質量%以下とする。

#### 【0026】

Si: 1.80～2.70

Siは溶解精錬時に脱酸剤として使用される。また、フェライト中に固溶して耐熱性を向上させ、ばね加工後の歪取り焼鈍や窒化処理などの熱処理による鋼線内部の硬度低下を防ぐ効果がある。耐熱性を保持するためには1.80質量%以上が必要であり、2.70質量%を超えると靱性が低下するため、1.80質量%以上2.70質量%以下とする。

#### 【0027】

Mn: 0.1～1.5

MnはSiと同様に溶解精錬時の脱酸剤として使用される。そのため、脱酸剤に必要な添加量として下限を0.1質量%とする。また、焼入れ性を向上させ、焼入れ焼戻し後の強度を高めると共に、せん断降伏応力を向上させる効果がある。しかし、1.5質量%超であると、パテンチング時にマルテンサイトが生成され易くなり、伸線時の断線の原因となることから上限を1.5質量%とする。特に、後述するCoを添加する場合、Mnは0.1～0.7質量%と低めにしているとしてもよく、Coを添加しない場合、0.7超～1.5質量%と、Mnを多めに添加することが好ましい。Mnを多めに添加すると共にCoを添加してもよい。

#### 【0028】

Cr: 0.70～1.50

Crは鋼の焼入れ性を向上させ、焼入れ焼戻し後の軟化抵抗を増加させるため、ばね加工



後のテンパー処理や窒化処理などの熱処理時の軟化防止に有効である。0.70質量%未満であると軟化防止に十分な効果が得られないため0.70質量%以上とし、1.50質量%を超えるとパテンチング時にマルテンサイトが発生し易くなり、伸線時の断線の原因となると共に、オイルテンパー後の靱性を低下させる要因となる。よって0.70~1.50%に規定する。

**【0029】**

Co: 0.02~1.00

Coは、少量の添加によりせん断降伏応力を向上させる。また、耐熱性を向上させる効果があり、ばね加工後のテンパー処理や窒化後の軟化防止に効果がある。更に、特定量の添加の場合、靱性を低下させない。0.02質量%未満では、上記効果が得られにくく、1.00質量%超加えても効果は変わらず、コスト高となるため0.02質量%以上1.00質量%以下とする。なお、Coを添加する場合、上記のようにMnの添加量を0.1~0.7質量%と低めにしてもよい。

**【0030】**

Ni: 0.1~1.0

耐食性および靱性を向上させる効果がある。0.1質量%未満では上記効果が得られにくく、1.0質量%を超えてもコスト高となるだけで、靱性の更なる向上効果が得られないため、0.1質量%以上1.0質量%以下とする。

**【0031】**

Mo、V: 0.05~0.50

W、Nb: 0.05~0.15

これらの元素は、焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増加させる傾向がある。0.05質量%未満では上記効果が得られにくい。また、Mo、Vは0.50質量%、W、Nbは0.15質量%を超えると靱性を低下させ易い。

**【0032】**

Ti: 0.01~0.20

Tiは、焼戻し時に炭化物を形成し、軟化抵抗を増加させる効果がある。0.01質量%未満では上記効果が得られず、0.20質量%超では高融点非金属介在物TiOが形成されて、靱性を低下させ易い。よって、0.01質量%以上0.20質量%以下とする。

**【0033】**

本発明ばね用鋼線は、鋼線長手方向(線引き方向)に垂直な横断面の形状が円形の鋼線はもちろんのこと、楕円、台形、正方形、長方形といった異形断面をもつ鋼線においても成り立つ。

**【0034】**

本発明ばねは、上記ばね用鋼線にコイルリングなどのばね加工を施すことにて得ることができる。特に、上記ばね加工した後、窒化処理などの熱処理を施すことで、表面硬度を向上させて優れた疲労限を有することができる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0035】**

以下、本発明の実施の形態を説明する。

表1に示す化学成分(残部Fe及び不純物)の鋼材を真空溶解炉で溶製し、熱間鍛造、熱間圧延によりφ6.5mmの線材を作製した。その後、パテンチング(オーステナイト化→恒温変態)、皮剥ぎ、焼鈍、伸線加工を行うことによってφ3.0mmのワイヤを得た。表2にパテンチング条件を示す。本例においてパテンチングは、表2に示すように加熱温度、保持時間を異ならせたオーステナイト化条件、及びその後の恒温変態条件を複数用意した。

**【0036】**

【表 1】

サンプル	化学成分 (質量%)						
	C	Si	Mn	Cr	Co	Ni	その他
A	0.45	2.2	0.5	0.9	0.3	—	—
B	0.78	2.0	0.6	0.8	—	—	—
C	0.68	1.6	0.5	1.0	—	—	—
D	0.63	2.8	0.6	0.9	—	—	—
E	0.61	2.2	1.7	1.0	—	0.3	—
F	0.60	2.2	0.6	0.5	—	—	—
G	0.64	2.3	0.5	1.7	—	—	—
H	0.62	2.1	0.5	1.1	—	—	—
I	0.64	2.2	0.6	1.2	—	—	V : 0.6
J	0.63	2.1	0.5	1.1	—	—	Ti : 0.3
K	0.55	2.4	0.5	1.3	0.2	—	—
L	0.72	2.3	0.55	1.2	0.5	—	—
M	0.63	1.9	1.2	1.4	—	0.3	—
N	0.62	2.5	0.2	0.9	0.3	—	—
O	0.64	2.3	0.8	1.1	0.4	—	—
P	0.65	2.2	0.9	0.9	0.3	0.5	—
Q	0.65	2.0	0.4	1.0	0.3	—	V : 0.15
R	0.60	2.3	1.0	0.8	—	—	Mo : 0.20
S	0.63	2.1	0.9	1.1	0.4	0.3	Ti : 0.10

【0037】

【表 2】

## パテニング条件

条件	オーステナイト化		恒温変態	
	加熱温度 (°C)	保持時間 (sec)	加熱温度 (°C)	保持時間 (sec)
I	920	120	630	80
II	980	60	700	30
III	880	120	650	50
IV	950	190	650	50
V	950	50	650	50
VI	1070	60	650	50
VII	920	120	580	50
VIII	920	120	650	15
IX	920	120	650	120
X	920	120	780	50

【0038】

得られたワイヤに焼入れ焼戻しを施した。焼入れは、表3に示す条件にて行い、焼戻しは、いずれの試料においても450～530℃で行った。焼入れ焼戻し後に絞り(RA)、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径(平均 $\gamma$ 粒径)を測定した。その結果を表3に示す。なお、焼入れ温度を変化させることで平均結晶粒径を変化させた。オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径は、JIS G0522に定められている切断法により算出した。

【0039】

また、焼入れ焼戻し後、窒化処理に相当する熱処理(420℃×2時間、または480℃×2時間)を施した鋼線について、せん断降伏応力、疲労特性(疲労限)を測定した。表3にその結果を示す。せん断降伏応力は、サンプル長さ100d(d: サンプル直径)で捻回試験を行い、トルク- $\theta$  曲線から求めた。疲労限は、中村式回転曲げ疲労試験で評価を行った。

【0040】

【表3】

No.	サンプル	条件	焼入温度(℃)	平均 $\gamma$ 粒径( $\mu\text{m}$ )	RA(%)	せん断降伏応力 420℃×2hr	せん断降伏応力 480℃×2hr	疲労限(MPa)
1	A	I	920	4.5	45	985	892	715
2	B	II	930	4.8	35	955	864	705
3	C	I	920	4.3	48	938	821	730
4	D	I	950	5.4	37	941	823	735
5	E	II	—	—	—	—	—	—
6	F	II	940	5.0	42	923	815	720
7	G	II	—	—	—	—	—	—
8	H	I	930	4.4	45	921	810	705
9	H	I	850	2.8	31	928	815	715
10	H	I	1050	8.9	50	925	810	710
11	I	II	920	3.8	29	925	835	695
12	J	I	910	3.5	41	930	830	705
13	K	I	930	4.3	46	1098	1021	850
14	L	II	910	3.2	43	1130	1043	865
15	M	II	940	5.2	48	1178	1098	875
16	N	I	1020	6.5	44	1084	1015	855
17	O	I	980	6.2	45	1195	1078	875
18	P	II	950	5.2	48	1168	1054	880
19	Q	II	930	3.5	45	1121	1038	865
20	R	I	920	3.4	47	1154	1069	870
21	S	I	940	4.4	46	1211	1113	895

【0041】

表3に示すように、焼入れ焼戻し後の絞り値が40%以上、窒化処理に相当する熱処理後のせん断降伏応力が1000MPa以上である試料No. 13~21は、いずれも疲労限が高いことがわかる。また、せん断降伏応力が高いことから、へたりに対しても優れると考えられる。従って、本発明は、高い靱性を具えながら、疲労特性に優れることがわかる。

【0042】

これに対し、試料No. 1~4、6、8は、熱処理後のせん断降伏応力が低く、疲労限が低い結果となった。特に、試料No. 2、4は、焼入れ焼戻し後の絞り値も低く、靱性が劣っていた。また、試料No. 5、7は、パテンチング時にマルテンサイトが発生し、次工程の皮剥ぎにて断線が多発したため実験を中止した。試料No. 11は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、Vの添加量が多いことから焼入れ焼戻し後の絞りが低下して疲労限が低くなった。試料No. 12は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、Tiの添加量が多いことからTi系介在物による折損のため疲労限が低下した。これらのことから、特定の成分とすることが好ましいことがわかる。

【0043】

試料No. 9は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、平均 $\gamma$ 粒径が小さかったため焼入れ焼戻し後の絞りも低くなった。一方、試料No. 10は、熱処理後のせん断降伏応力が低い

上に、平均 $\gamma$ 粒径が大きかったため疲労限が低下した。これらのことから、平均 $\gamma$ 粒径を特定範囲とすることが好ましいことがわかる。

#### 【0044】

表1のサンプルKの化学成分を有する鋼材について、上記と同様に $\phi 6.5\text{mm}$ の線材を作製し、上記と同様にして $\phi 3.0\text{mm}$ のワイヤを用意した。このとき、パテンチングの条件を表2に示すように変化させた。得られたワイヤに焼入れ焼戻しを施し(焼入れ:  $940^{\circ}\text{C}$ 、焼戻し:  $450\sim 530^{\circ}\text{C}$ )、絞り(RA)、平均 $\gamma$ 粒径を測定した。その結果を表4に示す。また、焼入れ焼戻し後、窒化処理に相当する熱処理( $420^{\circ}\text{C}\times 2\text{時間}$ 、または $480^{\circ}\text{C}\times 2\text{時間}$ )を施した鋼線について、せん断降伏応力、疲労特性(疲労限)を測定した。その結果も合わせて表4に示す。各物性の測定は、上記と同様にして行った。

#### 【0045】

【表4】

No.	サンプル	条件	焼入温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	平均 $\gamma$ 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	RA (%)	せん断降伏応力 $420^{\circ}\text{C}\times 2\text{hr}$	せん断降伏応力 $480^{\circ}\text{C}\times 2\text{hr}$	疲労限 (MPa)
22	K	I	940	4.5	45	1098	1021	865
23	K	II	940	4.5	46	1083	1015	860
24	K	III	940	4.4	37	930	824	730
25	K	IV	—	—	—	—	—	—
26	K	V	940	4.3	36	934	829	728
27	K	VI	—	—	—	—	—	—
28	K	VII	—	—	—	—	—	—
29	K	VIII	—	—	—	—	—	—
30	K	IX	940	4.6	35	932	823	731
31	K	X	940	4.7	36	925	815	734

#### 【0046】

表4に示すように、特定条件(オーステナイト化:  $900\sim 1050^{\circ}\text{C}$ で60~180秒間、恒温変態:  $600\sim 750^{\circ}\text{C}$ で20~100秒間)でパテンチングを行った試料No. 22、23はいずれも、疲労限が高いことがわかる。

#### 【0047】

これに対し、試料No. 25、27~29はいずれも、マルテンサイトが発生し、伸線工程で断線が多発したため、実験を中止した。試料No. 24、26は、未固溶炭化物が残存したために、焼入れ焼戻し後の絞りが低下し疲労限が低下した。また、せん断降伏応力も低かった。試料No. 30、31は、セメンタイトが球状化したため、焼入れ焼戻し後で未固溶炭化物が残存することとなり焼入れ焼戻し後の絞りが低下すると共に、せん断降伏応力も小さかった。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0048】

本発明ばね用鋼線は、疲労特性及び靱性に優れることから、疲労強度が要求される部位に使用されるばねの材料に最適である。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 優れた疲労特性と靱性とをバランスよく具えるばね用鋼線、このばね用鋼線にて製造されたばね、及びこのばね用鋼線の製造に最適なばね用鋼線の製造方法を提供する。

【解決手段】 焼入れ焼戻しを行って得られるばね用鋼線である。焼戻しマルテンサイト組織を有し、焼入れ焼戻し後の絞り値が40%以上であり、焼入れ焼戻し後に420℃以上480℃以下で2時間以上の熱処理を行った後のせん断降伏応力が1000MPa以上である。この鋼線は、質量%で、C：0.50～0.75%、Si：1.80～2.70%、Mn：0.1～0.7%、Cr：0.70～1.50%、Co：0.02～1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなるもの、或いは質量%で、C：0.50～0.75%、Si：1.80～2.70%、Mn：0.7超～1.5%、Cr：0.70～1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなるものが好ましい。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 4 - 0 2 7 8 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 2 0 6 1 6 1 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 0 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号

氏 名

住友電工スチールワイヤー株式会社